



اثر مقدار فسفر، باکتری ریزوبیوم و کود زیستی نیتراژین بر رشد و عملکرد لویا (*Phaseolus vulgaris* L.)

میثم قنبرزاده^۱، هاشم امین پناه^۲، حسن اخگری^۳
تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر مقدار فسفر، کاربرد باکتری ریزوبیوم و کود زیستی نیتراژین بر رشد و عملکرد لویا (توده محلی گیلان)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان املش، استان گیلان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل مقادیر مختلف مصرف فسفر، کود زیستی نیتراژین و باکتری ریزوبیوم بود. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه و عملکرد غلاف‌تر به‌طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۲۸ و ۲۱ درصد افزایش یافت. افزایش مصرف فسفر از ۵۰ به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و غلاف‌تر نداشت، درحالی‌که مصرف بیشتر فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و غلاف‌تر گردید. معادلات رگرسیونی نشان داد که حداکثر عملکرد دانه (۱۴۰۳/۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد غلاف‌تر (۸۵۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب با مصرف ۶۵/۴ و ۵۹/۳ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد. مصرف کود زیستی نیتراژین سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و غلاف‌تر به ترتیب به میزان ۷ و ۱۰ درصد گردید. همچنین تلقیح بذور لویا با باکتری‌های ریزوبیوم منجر به افزایش عملکرد دانه و غلاف‌تر به ترتیب به میزان ۱۷ و ۲۰ درصد گردید.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، باکتری‌های محرک رشد گیاه، بقولات، تثبیت زیستی نیتروژن، عناصر پرمصرف

قنبرزاده، م. ه. امین پناه و ح. اخگری. ۱۳۹۸. اثر مقدار فسفر، باکتری ریزوبیوم و کود زیستی نیتراژین بر رشد و عملکرد لویا (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۶: ۱۱۴-۱۰۳.

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: aminpanah@iaurasht.ac.ir
۳- مربی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

مقدمه

تغذیه مناسب و متعادل گیاهان زراعی نقش مهمی در بهبود و افزایش عملکرد محصولات زراعی ایفا می‌کند. فسفر یکی از عناصر پر مصرف و ضروری برای رشد گیاهان است که اغلب به صورت یون‌های $H_2PO_4^{-1}$ یا HPO_4^{2-} از خاک جذب می‌شود (بهاتاچاریا و جها، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه بقولات قسمت اعظم نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق تثبیت زیستی نیتروژن بدست می‌آورند در مقایسه با سایر گیاهان به مقدار فسفر بیشتری نیاز دارند (سلیمان و همکاران، ۲۰۱۳). این عنصر می‌تواند بصورت مستقیم از طریق تنظیم رشد، فعالیت و کارکرد گره‌های تثبیت کننده (پاسینا و همکاران، ۲۰۰۶) بر میزان تثبیت زیستی نیتروژن تأثیر بگذارد. همچنین فسفر می‌تواند بصورت غیر مستقیم از طریق تأثیر بر رشد گیاه میزان بر میزان تثبیت زیستی نیتروژن اثرگذار باشد (وارین و همکاران، ۲۰۱۰). در ضمن، به علت نیاز زیاد به ATP در جریان فعالیت نیتروژناز، فراهمی فسفر جهت فعالیت گره‌ها بسیار ضروری است (ال-نیعمی و همکاران، ۱۹۹۷). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که حدود ۷۰ الی ۹۰ درصد کودهای فسفره از طریق تثبیت به‌وسیله یون‌های آلومینیم، آهن، کلسیم و منیزیم از دسترس گیاه خارج می‌شود (مک‌بیت و همکاران، ۲۰۰۶) و در نتیجه کمبود فسفر در مزارع امری شایع است. اثر مثبت کودهای فسفره بر رشد و عملکرد لوبیا سبز (مشتاق و امین‌پناه ۲۰۱۵) و سایر بقولات گزارش شده است (رونر و همکاران، ۲۰۱۶).

کودهای زیستی عمدتاً حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند که به روش‌های مختلف سبب افزایش رشد و عملکرد محصولات زراعی می‌گردند (سهااران و نهرا، ۲۰۱۱). کود نیتراژین بصورت مایع قابل پخش در آب^۱ به بازار عرضه گردیده و حاوی باکتری‌های *Azospillum* *Azotobacter spp.* و *Pseudomonas spp.* می‌باشد (آقا علیپور و همکاران، ۱۳۹۱). از توباکتر از میکروارگانیسم‌های آزادزی و هوازی است که از طریق تثبیت نیتروژن مولکولی و تولید هورمون‌های گیاهی مانند آکسین و جیبرلین سبب بهبود رشد گیاهان می‌گردند (رودلاس و همکاران، ۱۹۹۹؛ پناهی و همکاران، ۲۰۱۵). باکتری‌های جنس آزوسپریلوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت سبب افزایش عملکرد می‌گردند (فیباچ-پالدی و همکاران،

۲۰۱۲). باکتری‌های جنس سودوموناس از طریق افزایش حلالیت فسفر و در نتیجه افزایش دسترسی گیاهان به فسفر، افزایش جذب آهن از طریق تولید و ترشح سیدروفور (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۸)، تولید هورمون‌های گیاهی مانند سائیتوکینین و جیبرلین (دی و همکاران، ۲۰۰۴) منجر به بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد می‌گردند. ریزوبیوم‌ها گروهی دیگری از باکتری‌های هوازی هستند که در همزیستی با ریشه گیاهان خانواده بقولات، نیتروژن هوا را تثبیت کرده و ضمن بهبود رشد و عملکرد بقولات، سبب افزایش حاصلخیزی خاک نیز می‌گردند. استفاده از این باکتری‌ها در اکوسیستم‌های زراعی می‌تواند سبب کاهش معنی‌دار مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه (وانلاو و همکاران، ۲۰۱۰) و افزایش عملکرد انواع گونه‌های بقولات به میزان ۱۰ الی ۲۵ درصد گردد (رائو، ۲۰۰۱).

مروری بر نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که مصرف کودهای فسفره منجر به بهبود تثبیت زیستی نیتروژن به‌وسیله ریزوبیوم‌ها گردیده که این امر در نهایت منجر به افزایش عملکرد بقولات و همچنین افزایش میزان نیتروژن خاک می‌گردد. در عین حال، افزایش میزان نیتروژن خاک در اثر مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نیز می‌تواند منجر به افزایش جذب فسفر به‌وسیله گیاه گردد. در ضمن، در سال‌های اخیر تمایل به استفاده از کودهای زیستی جهت بهبود پایداری اکوسیستم‌های زراعی و تولید محصولات زراعی سالم به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی اثر مصرف تلفیقی کود شیمیایی فسفر، کود زیستی نیتراژین و تلفیح ریزوبیوم بر رشد و عملکرد لوبیا، توده محلی گیلان، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در شهرستان املش، استان گیلان، با طول جغرافیایی ۵۰ درجه ۱۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۸ دقیقه و ارتفاع ۲۲ متر پایین‌تر از سطح دریا انجام شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از انجام آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتیمتر) در جدول ۱ ارایه شده- است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش (۳۰-۰)

اسیدیته	رس	سیلت	شن	ماده آلی	نیترژن کل	پتاسیم	فسفر	هدایت الکتریکی
				(درصد)		(قسمت در میلیون)		دسی‌زیمنس بر متر
۵/۶	۲۷	۵۰	۲۳	۲/۹۶	۰/۲۶	۸۰	۷/۲	۰/۴۲

پس از کاشت بذر انجام شد. در ضمن، با توجه به عدم آلودگی مزرعه به آفات و بیماری‌ها از هیچ‌گونه سمی استفاده نشد. در هنگام رسیدگی محصول، پس از حذف اثر حاشیه‌ای تعداد ۱۰ بوته در هر کرت بصورت تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، زیست‌توده لوبیا اندازه‌گیری شد. عملکرد غلاف و عملکرد دانه از مساحتی معادل دو متر مربع در هر کرت اندازه‌گیری شد.

غلظت نیترژن دانه با استفاده از کج‌دال اندازه‌گیری و سپس میزان نیترژن جذب شده در دانه ۱ (بر حسب کیلوگرم در هکتار) از حاصل‌ضرب غلظت نیترژن دانه (بر حسب درصد) در وزن خشک دانه (بر حسب کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد. غلظت فسفر دانه با استفاده از روش رنگ سنجی (لوری و لویز، ۱۹۴۶) اندازه‌گیری و سپس میزان فسفر جذب شده در دانه ۲ (بر حسب کیلوگرم در هکتار) از حاصل‌ضرب غلظت فسفر دانه (بر حسب درصد) در وزن خشک دانه (بر حسب کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌ها براساس آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD صورت گرفت. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۱ استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مقدار فسفر، نیترژن و باکتری ریزوبیوم در سطح یک درصد قرار گرفت. در ضمن، کلیه اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و از ۳۶ سانتی‌متر به ۴۰/۶

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل مقدار فسفر (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود سوپر فسفات تریپل)، کود زیستی نیترژن (تلقیح و عدم تلقیح)، باکتری ریزوبیوم (تلقیح و عدم تلقیح) بود. مصرف کود فسفر به صورت نواری و قبل از کاشت بذر انجام گرفت. همچنین قبل از کشت، کود نیترژن به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار (به عنوان استارتر) و سولفات پتاسیم به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک داده شد. بذرهای لوبیا (توده محلی گیلان از نوع لوبیای کشاورزی با رشد محدود، ایستاده و زودرس) که از مرکز جهاد کشاورزی شهرستان سیاهکل تهیه شده بودند، پس از تلقیح با کود زیستی نیترژن و ریزوبیوم در تاریخ ۲۸ مرداد ۱۳۹۲ با فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت شدند. جهت تلقیح بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم، ابتدا بذر با صمغ عربی (جهت افزایش چسبندگی باکتری‌ها به بذر) آغشته شدند و سپس به ازای هر کیلوگرم بذر، هفت گرم از پیت (10^8 cell/g peat) حاوی باکتری *Rhizobium phaseoli*، که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شده بود، به‌طور یکنواخت روی بذرهای پاشیده و بهم زده شدند و سپس بذرهای تیمار شده در سایه خشک گردیدند. همچنین به منظور تلقیح بذر با کود نیترژن، بذر در یک ظرف پلاستیک تمیز ریخته شده و ظرف محتوی کود زیستی نیترژن پس از تکان دادن به‌تدریج روی بذر پاشیده شد. مخلوط بذر و نیترژن به خوبی به هم زده شد تا تمام بذرهای نیترژن آغشته شوند و سپس بذرهای تلقیح شده در سایه پهن شد تا خشک شوند. هر کرت شامل شش خط کاشت به طول ۳ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۶۰ سانتی‌متر (یک خط نکاشت) و فاصله بین تکرارها یک متر در نظر گرفته شد. با توجه به وقوع بارندگی در طول دوره رشد لوبیا و در نتیجه وجود رطوبت کافی در خاک، آبیاری انجام نشد. کنترل علف‌های هرز بصورت دستی و در طی دو مرحله به ترتیب ۲۰ و ۴۵ روز

معنی دار نبود، درحالی که مصرف بیشتر فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، منجر به کاهش معنی دار ارتفاع بوته گردید (شکل ۱). کاهش رشد گیاهان در صورت مصرف بیش از حد کودهای فسفره به عدم تعادل در جذب سایر عناصر غذایی و به‌ویژه عناصر کم مصرفی نظیر آهن، روی و مس به‌وسیله گیاه نسبت داده شده است (روتارو و سینکلیر، ۲۰۰۹). نتایج مشابهی توسط رضاپور کویشاهی و همکاران (۱۳۹۳) در لوبیا محلی گیلان گزارش شده است.

سانتی متر رسید (شکل ۱). همچنین معادله رگرسیونی نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته (۴۱/۱ سانتی متر) با مصرف ۶۲/۲ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد. با توجه به اثر مثبت فسفر در توسعه سیستم ریشه گیاهان و در نتیجه افزایش جذب آب و عناصر غذایی و نقش موثر فسفر در رشد و تقسیم سلولی و همچنین پایین بودن مقدار فسفر قابل جذب در خاک مزرعه آزمایشی (۷/۲ قسمت در میلیون)، افزایش ارتفاع بر اثر مصرف فسفر امری بدیهی می‌باشد. با افزایش مصرف فسفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته اندکی افزایش یافت که البته از لحاظ آماری

جدول ۲- میانگین مربعات اثر مقدار فسفر، نیتراژین و باکتری ریزوبیوم بر صفات اندازه‌گیری شده در لوبیا

منابع تغییرات	df	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد غلاف‌تر
تکرار	۲	۵/۱*	۱۰/۷ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۲۴/۲ ^{ns}	۹۷۶۷۲/۸*	۳۱۴۹۱۸۵۶/۶**
مقدار فسفر (P)	۴	۷۳/۲**	۲۸/۵**	۰/۱۳ ^{ns}	۱۸/۴ ^{ns}	۲۲۸۷۷۵/۴**	۸۰۹۶۷۹۹/۹**
نیتراژین (N)	۱	۱۱۳/۱**	۱۱/۴*	۰/۰۲ ^{ns}	۲۷/۲ ^{ns}	۱۱۳۷۵۲/۶*	۸۲۱۷۱۸۲۳*
ریزوبیوم (R)	۱	۸۸/۸**	۵۹/۲**	۰/۰۱ ^{ns}	۳/۳ ^{ns}	۵۸۲۲۳۳/۵**	۳۰۱۸۵۹۶۳/۸**
P × N	۴	۰/۵ ^{ns}	۱/۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۱۷/۲ ^{ns}	۳۴۱۲/۵ ^{ns}	۴۲۷۹۶۳/۷ ^{ns}
P × R	۴	۱/۵ ^{ns}	۵/۴ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۱۲/۸ ^{ns}	۳۲۴۹/۳ ^{ns}	۴۲۱۴۴۶/۶ ^{ns}
N × R	۱	۶/۴ ^{ns}	۱/۷ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۱/۱ ^{ns}	۳۰۱۱/۸ ^{ns}	۲۱۱۹۹۸/۷ ^{ns}
P × N × R	۴	۱/۶ ^{ns}	۲/۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۲/۳ ^{ns}	۴۳۶۱۱/۱ ^{ns}	۵۲۷۳۳۸/۶ ^{ns}
خطا	۳۸	۱۳/۶	۳/۶	۰/۱۲	۱۲/۱	۲۲۸۰۴/۲	۱۵۴۳۲۵۰/۴
ضریب تغییرات	-	۹/۵	۱۵/۲	۱۰/۹	۹/۳	۱۱/۸	۱۵/۸

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد است.

همکاران، ۱۳۹۳) و ریزوبیوم (طالبی‌پور و همکاران، ۲۰۱۵) در مقایسه با گیاهان شاهد عدم تلقیح افزایش یافت.

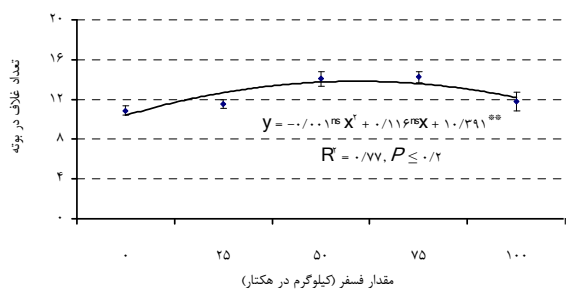
اجزای عملکرد دانه

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه اجزای عملکرد در لوبیا را تشکیل می‌دهند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی مقدار فسفر، نیتراژین و باکتری ریزوبیوم فقط بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲) و سایر اجزای عملکرد (تعداد دانه در غلاف و وزن دانه) تحت تأثیر فاکتورهای مورد بررسی و اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بین آنها قرار نگرفتند (جدول ۲). با افزایش مصرف مقدار فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد غلاف در بوته به میزان ۲۹ درصد افزایش یافت (شکل ۲). اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد غلاف در بوته در بین سطوح ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر مشاهده نشد، اگرچه مصرف بیشتر فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در

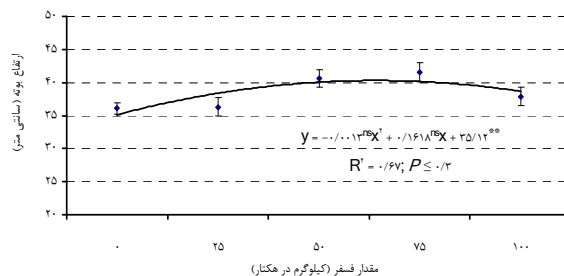
نتایج نشان داد که مصرف کود زیستی نیتراژین منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته لوبیا گردید (جدول ۳). در ضمن، ارتفاع بوته در گیاهان تلقیح شده با ریزوبیوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارتفاع بوته در گیاهان شاهد عدم تلقیح بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتراژین از طریق بهبود توسعه ریشه گیاه و در نتیجه افزایش جذب آب و عناصر غذایی، تولید هورمون‌های رشد گیاهی نظیر اکسین، جیبرلین و سیتوکینین و بهبود وضعیت نیتروژن در گیاه از طریق تثبیت زیستی نیتروژن سبب افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته شدند. همچنین تلقیح بذور لوبیا با باکتری‌های ریزوبیوم سبب افزایش تثبیت نیتروژن در گیاهان تلقیح شده گردیده و در نتیجه سبب بهبود وضعیت نیتروژن در گیاه و در نهایت افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته گردید. مطابق با نتایج این آزمایش، گزارش شده است که ارتفاع بوته لوبیا در گیاهان تلقیح شده با سودوموناس (رضاپور کویشاهی و

خاک و در نتیجه اختلال در جذب آهن و روی نسبت دادند. نتایج مقایسه میانگین همچنین نشان داد که کاربرد کود نیتراژین و تلقیح با باکتری ریزوبیوم سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته به ترتیب به میزان هفت و ۱۷ درصد گردید (جدول ۳). مطابق با نتایج این آزمایش، آقاعلیپور و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی نیتراژین به همراه کود شیمیایی اوره سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در لوبیا چشم بلبلی گردید. درمقابل، گزارش شده است که کاربرد سویه های مختلف باکتری ریزوبیوم سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته در گیاهان تلقیح شده در مقایسه با شاهد عدم تلقیح نگردید (طالبی‌پور و همکاران، ۲۰۱۵).

هکتار) سبب کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته گردید (شکل ۲). با توجه به معادله رگرسیونی حداکثر تعداد غلاف در بوته (۱۳/۷) با مصرف ۵۸ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد. به نظر می‌رسد که مصرف مقدار مناسب کود فسفره از طریق افزایش انشعابات جانبی و افزایش تعداد گل در بوته و نیز افزایش میزان باروری آنها منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته گردید، درحالی‌که مصرف بیش از حد فسفر از طریق اختلال در جذب سایر عناصر مانند آهن و روی (روتارو و سینکلیر، ۲۰۰۹) سبب کاهش رشد، تعداد انشعابات جانبی و در نهایت تعداد غلاف در بوته گردید. رضاپور کویشاهی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که با افزایش مصرف کود فسفر، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت. آنها دلیل این امر را افزایش فراهمی فسفر در



شکل ۲- اثر اصلی مقدار فسفر بر تعداد غلاف در بوته



شکل ۱- اثر اصلی مقدار فسفر بر ارتفاع بوته لوبیا

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی نیتراژین و باکتری ریزوبیوم بر صفات اندازه‌گیری شده در لوبیا

فاکتورها	صفات	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غلاف‌تر (کیلوگرم در هکتار)
نیتراژین							
مصرف		۳۹/۸a	۱۲/۹ a	۳/۳ a	۳۶/۴ a	۱۳۲۲/۲ a	۸۲۱۸/۵ a
عدم مصرف		۳۷/۱b	۱۲/۰ b	۳/۲ a	۳۷/۷ a	۱۲۳۵/۵b	۷۴۷۸/۴b
	LSD (0.05)	۱/۹	۰/۸	۰/۲	۱/۸	۸۷/۹	۶۴۹/۳
بakterی ریزوبیوم							
تلقیح		۳۹/۷a	۱۳/۵ a	۳/۲ a	۳۶/۸ a	۱۳۷۷/۵ a	۸۵۵۷/۸ a
عدم تلقیح		۳۷/۲b	۱۱/۵ b	۳/۲ a	۳۷/۳ a	۱۱۸۰/۵ b	۷۱۳۹/۲b
	LSD (0.05)	۱/۹	۰/۹	۰/۲	۱/۸	۷۸/۹	۶۴۹/۳

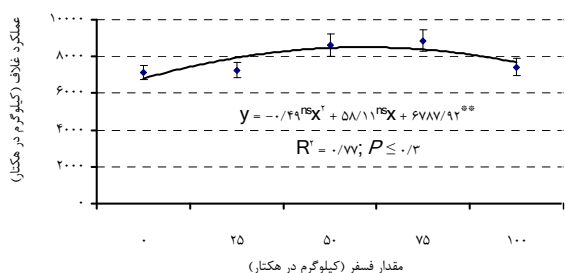
در هر ستون و برای هر فاکتور، میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری ($LSD \leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

گانه بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. با استفاده از یک معادله درجه ۲، رابطه بین عملکرد دانه و میزان مصرف فسفر به‌خوبی برآزش شد (شکل ۳). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و از ۱۰۹۸

عملکرد دانه، عملکرد غلاف‌تر، زیست‌توده لوبیا

عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مقدار فسفر ($P \leq 0.01$)، نیتراژین ($P \leq 0.05$) و باکتری ریزوبیوم ($P \leq 0.01$) قرار گرفت، درحالی‌که اثرات متقابل دوگانه و سه-

حاصل شد. مصرف کود زیستی نیتراژین سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۷ درصد و تلقیح بذور لوبیا با باکتری‌های ریزوبیوم منجر به افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۷ درصد گردید (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر کاربرد باکتری ریزوبیوم در افزایش عملکرد دانه بیشتر از تأثیر مصرف کود زیستی نیتراژین در افزایش عملکرد دانه است.



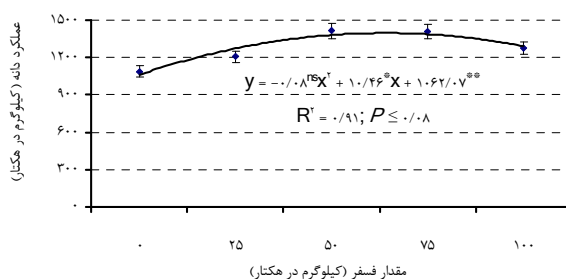
شکل ۴- اثر اصلی مقدار فسفر بر عملکرد غلاف

معنی‌دار نبود. این امر نشان می‌دهد که در هر سطح یک فاکتور مورد بررسی، واکنش زیست توده به سایر فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش مشابه بود. رابطه بین زیست توده و مقدار فسفر با استفاده از یک معادله درجه دو خوبی تبیین شد (شکل ۵). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، زیست توده لوبیا به طور معنی‌داری به میزان ۳۸ درصد افزایش یافت. کاهش معنی‌دار زیست توده با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار در مقایسه با مقادیر ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. همچنین با توجه به معادله رگرسیونی، حداکثر زیست توده لوبیا (۳۷۱۲/۴ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۶۰/۱ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد.

مقایسه میانگین نشان داد که زیست توده گیاهان تیمار شده با کود زیستی نیتراژین به میزان نه درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود (جدول ۵). همچنین تلقیح بذور لوبیا با باکتری‌های ریزوبیوم منجر به افزایش زیست توده لوبیا به میزان ۱۱ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد عدم تلقیح گردید (جدول ۵).

به طور کلی نتایج حاصل از تأثیر کود شمیایی فسفر بر رشد و عملکرد لوبیا بیانگر این موضوع است که مصرف کود فسفره به میزان مناسب (۵۰ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش عملکرد دانه، غلاف و زیست توده لوبیا گردید. فسفر یکی از عناصر ضروری پرمصرف برای رشد و نمو گیاهان است که بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه مؤثر است. این عنصر نقش مهمی

کیلوگرم در هکتار به ۱۴۱۴ کیلوگرم در هکتار رسید. افزایش مصرف فسفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت، اما با مصرف بیشتر فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۳). با توجه به معادله رگرسیونی حداکثر عملکرد دانه (۱۴۰۳/۹ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۶۵/۴ کیلوگرم فسفر در هکتار

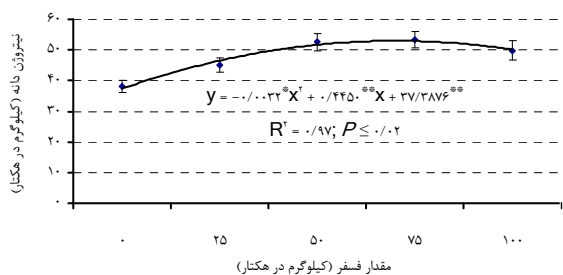


شکل ۳- اثر اصلی مقدار فسفر بر عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها همچنین نشان داد که اثر اصلی مقدار فسفر، نیتراژین و باکتری ریزوبیوم بر عملکرد غلاف‌تر به ترتیب در سطح یک، پنج و یک درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که کلیه اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر عملکرد غلاف‌تر معنی‌دار نبود (جدول ۲). رابطه بین عملکرد غلاف‌تر با مقدار فسفر با استفاده از یک معادله درجه ۲ بیان شد. با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد غلاف‌تر به میزان ۲۱ درصد افزایش یافت، به طوری‌که از ۷۱۰۲ کیلوگرم در هکتار به ۸۸۲۵ کیلوگرم در هکتار رسید. با افزایش مصرف فسفر به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد غلاف‌تر به میزان اندکی افزایش یافت و به ۸۸۴۶ کیلوگرم رسید (شکل ۴). مصرف بیشتر فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) سبب کاهش معنی‌دار عملکرد غلاف‌تر گردید (شکل ۴). معادله رگرسیونی نشان داد که حداکثر عملکرد غلاف‌تر (۸۵۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۵۹/۳ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مصرف کود زیستی نیتراژین و تلقیح بذور لوبیا با باکتری ریزوبیوم منجر به افزایش عملکرد غلاف‌تر به ترتیب به میزان ۱۰ و ۲۰ درصد گردید (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد که مقدار فسفر، نیتراژین و باکتری ریزوبیوم اثر معنی‌داری بر زیست توده لوبیا به ترتیب در سطح آماری یک، پنج و یک درصد داشت (جدول ۴)، درحالی‌که کلیه اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر زیست توده لوبیا

ضمن اینکه گزارش شده است که فسفر نقش مهمی در رشد، فعالیت و تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در بقولات دارد و در نتیجه کمبود فسفر می‌تواند بر میزان تثبیت نیتروژن در بقولات تأثیر منفی بگذارد (دیویتو و سادراس، ۲۰۱۴). این محققان گزارش کردند که فسفر احتمالاً تأثیر مستقیمی بر فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک موجود در گره‌های تثبیت کننده نیتروژن دارد. همچنین گزارش شده است که فسفر در افزایش گلدهی و تشکیل میوه نیز نقش دارد.

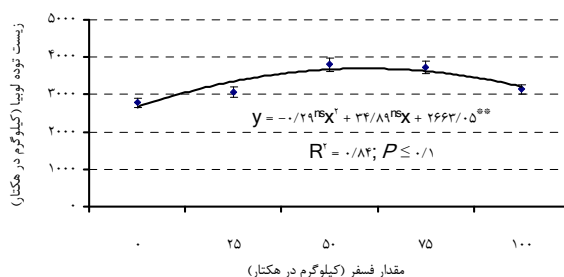


شکل ۶- اثر اصلی مقدار فسفر بر مقدار نیتروژن جذب شده در دانه

توانایی گیاه در جذب آهن سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن موجب افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت سبب افزایش عملکرد می‌گردند. ضمن اینکه این باکتری‌ها از طریق تولید ترکیبات ضد باکتریایی و ضد قارچی مقاومت گیاهان به عوامل بیماری‌زای گیاهی را افزایش می‌دهند (ماکسیموف و همکاران، ۲۰۱۱). گونه‌های مختلف باکتری‌های جنس سودوموناس‌ها نیز از طریق افزایش حلالیت فسفر، افزایش جذب آهن از طریق تولید و ترشح سیدروفور (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۸)، تولید هورمون‌های گیاهی مانند سایتوکینین و جیبرلین (دی و همکاران، ۲۰۰۴) و کنترل زیستی پاتوژن‌های گیاهی (دی و همکاران، ۲۰۰۴؛ ساراواناکومار و همکاران، ۲۰۰۷) می‌توانند سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه گردند. آقاعلیپور و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که حداکثر عملکرد لوبیا چشم بلبلی با کاربرد کود زیستی نیتراژین به همراه ۵۲/۵ کیلوگرم در هکتار اوره حاصل شد. اثر مثبت سودوموناس بر رشد و عملکرد غلاف در باقلا (فاسم‌پورنیکفر جام و امین‌پناه، ۲۰۱۵؛ کرولی، ۲۰۰۶)، نخود فرنگی (صالحی و امین‌پناه، ۲۰۱۵) و لوبیا (سهاران و همکاران، ۲۰۱۰) گزارش شده است.

توانایی باکتری‌های ریزوبیوم در تثبیت نیتروژن بصورت همزیستی در ریشه بقولات می‌تواند وضعیت نیتروژن را در گیاه بهبود بخشد و با توجه به نقش کلیدی نیتروژن در فرآیندهایی از

در توسعه سیستم ریشه‌ای گیاهان دارد که این امر به نوبه خود سبب افزایش توانایی گیاه در جذب آب و سایر عناصر غذایی از خاک گردیده و در نهایت سبب افزایش میزان فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه می‌گردد. در عین حال، این عنصر نقش مهمی در رشد و تقسیم سلولی، فتوسنتز، تنفس، سنتز پروتئین و انتقال عناصر غذایی در گیاه ایفا می‌کند (راگوتاما و کارتیکیان، ۲۰۰۵). در نتیجه کمبود فسفر می‌تواند با تأثیر بر هر یک از فرآیندهای مذکور بر رشد، نمو و عملکرد گیاهان زراعی اثر سوء بگذارد.



شکل ۵- اثر اصلی مقدار فسفر بر زیست‌توده لوبیا

از طرف دیگر، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که مصرف بیش از حد نیاز فسفر منجر به کاهش رشد رویشی، عملکرد دانه، عملکرد غلاف‌تر و زیست‌توده لوبیا گردید. به نظر می‌رسد که کاهش جذب عناصر کم‌مصرفی نظیر آهن در سطوح بالای فسفر خاک از طریق اختلال در فرآیندهایی که این عنصر در آنها تأثیر بارزتری دارد نظیر فعالیت‌های آنزیمی موثر در فتوسنتز و نیز فعالیت آنزیم نیتروژناز (موثر در تثبیت زیستی نیتروژن) به کاهش رشد و عملکرد لوبیا منجر شود (روتارو و سینکلیر، ۲۰۰۹). تأثیر مثبت کود زیستی نیتراژین بر رشد و عملکرد لوبیا را می‌توان به حضور باکتری‌های محرک رشد گیاه از قبیل باکتری‌های *Azospillum spp.*، *Azotobacter spp.* و *Pseudomonas spp.* در این کود زیستی نسبت داد که هر یک از این باکتری‌ها می‌توانند به طرق مختلف سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان تلقیح شده گردند. افزایش عملکرد گیاهان زراعی تلقیح شده با گونه‌های ازتوباکتر به خاطر توانایی این گونه‌ها در تثبیت نیتروژن مولکولی هوا و تولید هورمون‌های گیاهی مانند آکسین و جیبرلین می‌باشد. در عین حال، باکتری‌های جنس آزوسپریلوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن با تولید مواد محرک رشد (آکسین، سیتوکینین و جیبرلین)، ترشح انواع سیدروفور به محیط اطراف ریشه ۱ و در نتیجه افزایش

افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و غلاف لوبیا را در گیاهان تلقیح شده با ریزوبیوم در مقایسه با گیاهان شاهد عدم تلقیح گزارش کردند.

قبیل فتوستتزر این امر در نهایت منجر به بهبود رشد و افزایش عملکرد می‌گردد. گزارش شده است که استفاده از باکتری‌های ریزوبیوم سبب افزایش معنی‌دار عملکرد در سویا گردیده است (تویتا و همکاران، ۲۰۱۲). طالبی پور و همکاران (۲۰۱۵) نیز

جدول ۴- میانگین مربعات اثر مقدار فسفر، نیتراژین و باکتری ریزوبیوم بر صفات اندازه‌گیری شده در لوبیا

منابع تغییرات	df	زیست‌توده لوبیا (کیلوگرم در هکتار)	غلظت نیتروژن دانه (درصد)	میزان نیتروژن جذب شده در دانه (کیلوگرم در هکتار)	غلظت فسفر دانه (درصد)	میزان فسفر جذب شده در دانه (کیلوگرم در هکتار)
تکرار	۲	۲۵۹۷۵۰/۰ ^{ns}	۳/۲۲ ^{**}	۶۲۱/۷ ^{**}	۰/۰۰۵۸ [*]	۵/۶ ^{**}
مقدار فسفر (P)	۴	۲۳۶۳۶۵۷/۸ ^{**}	۰/۳۰ ^{ns}	۸۲۴/۳ ^{**}	۰/۰۲۵۰ ^{**}	۱۵/۱ ^{**}
نیتراژین (N)	۱	۱۲۵۹۲۳۹/۰ [*]	۰/۹۰ ^{**}	۱۲۲/۵ ^{ns}	۰/۰۰۱۳ ^{ns}	۳/۹ ^{**}
ریزوبیوم (R)	۱	۱۸۱۶۵۶۰/۰ ^{**}	۱/۴۹ ^{**}	۵۹۷/۴ ^{**}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۱۵/۰ ^{**}
P × N	۴	۸۱۰۴۶۳ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۴/۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}
P × R	۴	۱۰۳۰۶۶/۸ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}	۵۴/۴ ^{ns}	۰/۰۰۲۱ ^{ns}	۰/۵ ^{ns}
N × R	۱	۶۴۱۰/۳ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۶/۶ ^{ns}	۰/۰۰۱۹ ^{ns}	۰/۸ ^{ns}
× N × R	۴	۱۰۷۲۰۵/۶ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۲۵/۵ ^{ns}	۰/۰۰۱۹ ^{ns}	۰/۶ ^{ns}
P						
خطا	۳۸	۲۵۵۰۸۴/۹	۰/۱۳	۵۷/۱	۰/۰۰۱۲	۰/۶
ضریب تغییرات	-	۱۵/۲	۸/۶	۱۵/۸	۷/۲	۱۲/۹

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد است.

غلظت نیتروژن دانه و میزان نیتروژن جذب شده در دانه

اثر اصلی نیتراژین و تلقیح با باکتری ریزوبیوم بر غلظت نیتروژن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر اصلی مقدار فسفر و نیز کلیه اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر غلظت نیتروژن دانه و میزان نیتروژن جذب شده در دانه معنی‌دار نبود (جدول ۴). مصرف کود زیستی نیتراژین سبب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن دانه به میزان ۶ درصد گردید (جدول ۵). همچنین استفاده از باکتری‌های ریزوبیوم منجر به افزایش غلظت نیتروژن دانه در گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان شاهد به میزان هشت درصد گردید (جدول ۵). افزایش تثبیت زیستی نیتروژن در گیاهان تلقیح شده با کود زیستی نیتراژین و باکتری ریزوبیوم احتمالاً منجر به بهبود وضعیت نیتروژن در گیاه و در نهایت افزایش غلظت نیتروژن دانه گردید.

نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد که میزان نیتروژن جذب شده در دانه نیز تحت تأثیر معنی‌دار مقدار فسفر و تلقیح با

باکتری ریزوبیوم قرار گرفت، درحالی‌که اثر اصلی کود زیستی نیتروژن و کلیه اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر میزان نیتروژن جذب شده در دانه معنی‌دار نبود (جدول ۴). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، میزان نیتروژن جذب شده در دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما مصرف بیشتر فسفر (۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) از لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری بر میزان نیتروژن جذب شده در دانه نداشت (شکل ۶). معادله رگرسیونی نشان داد که حداکثر میزان نیتروژن جذب شده در دانه (۵۲/۸ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۶۹/۵ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد. با توجه به معنی‌دار نبودن اثر فسفر بر غلظت نیتروژن دانه، افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن جذب شده در دانه به خاطر افزایش عملکرد دانه بر اثر افزایش مصرف کود فسفره بود. اختلاف معنی‌داری در میزان نیتروژن جذب شده در دانه گیاهان تیمار شده با کود نیتراژین و گیاهان مشاهده نشد (جدول ۵). کاربرد باکتری‌های ریزوبیوم منجر به افزایش

شده با باکتری ریزوبیوم می‌باشد. افزایش معنی‌دار غلظت و مقدار نیتروژن اندام‌های هوایی گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر توسط سایر محققان گزارش شده است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰).

معنی‌دار میزان نیتروژن جذب شده در دانه گیاهان تلقیح شده به میزان ۱۴ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد عدم تلقیح گردید (جدول ۵). این امر هم به‌خاطر افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن دانه و هم به‌خاطر افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در گیاهان تلقیح

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی نیتراژین و باکتری ریزوبیوم بر صفات اندازه‌گیری شده در لوبیا

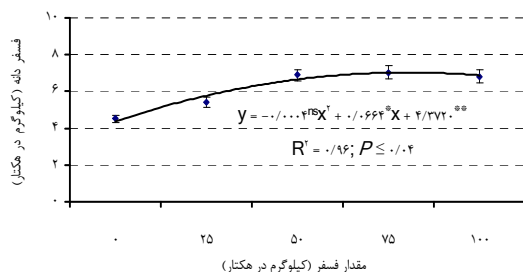
صفات فاکتورها	زیست‌توده لوبیا	غلظت نیتروژن دانه	میزان نیتروژن جذب شده در دانه	غلظت فسفر دانه	میزان فسفر جذب شده در دانه
نیتراژین					
مصرف	۳۴۴۹/۵ a	۴/۲۶ a	۴۹/۱ a	۰/۴۸ a	۶/۴ a
عدم مصرف	۳۱۵۹/۷ b	۴/۰۱ b	۴۶/۳ a	۰/۴۷ a	۵/۹ b
LSD (0.05)	۲۶۳/۹	۰/۱۸	۳/۹	۰/۰۲	۰/۴
باکتری ریزوبیوم					
تلقیح	۳۴۷۸/۶ a	۴/۲۹ a	۵۰/۸ a	۰/۴۸ a	۶/۶ a
عدم تلقیح	۳۱۳۰/۶ b	۳/۹۸ a	۴۴/۵ b	۰/۴۷ a	۵/۶ b
LSD (0.05)	۲۶۳/۹	۰/۱۸	۳/۹	۰/۰۲	۰/۴

در هر ستون و برای هر فاکتور، میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری ($LSD \leq 0.05$) با یکدیگر ندارند.

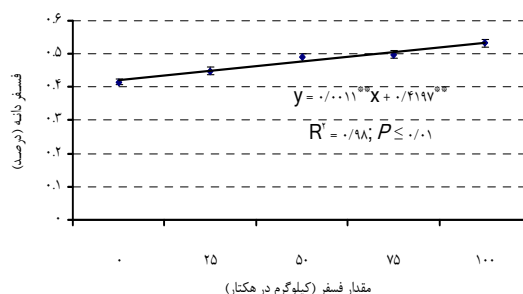
غلظت فسفر دانه و میزان فسفر جذب شده در دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت فسفر دانه فقط تحت تأثیر مقدار کود فسفر قرار گرفت (جدول ۴). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت فسفر دانه به صورت خطی افزایش یافت، به طوری که حداکثر غلظت فسفر دانه (۵۳٪) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۷). به نظر می‌رسد که افزایش مصرف کود فسفر منجر به افزایش رشد ریشه گیاه و افزایش میزان جذب فسفر در گیاه گردید. این امر به نوبه خود سبب شد تا وضعیت فسفر در اندام‌های هوایی گیاه بهبود یابد و با توجه به اینکه فسفر

یک عنصر متحرک در گیاه است این موضوع در نهایت منجر به افزایش غلظت فسفر در دانه گردید. با توجه به معنی‌دار نبودن اثر کود زیستی نیتراژین بر غلظت فسفر دانه (جدول ۴)، مشخص گردید که علیرغم توانایی باکتری‌های سودوموناس موجود در کود زیستی نیتراژین در افزایش حلالیت فسفر، این امر منجر به افزایش معنی‌دار غلظت فسفر دانه نگردید. به نظر می‌رسد که باکتری‌های محرک رشد از طریق مکانیسم‌های دیگری از قبیل تولید هورمون‌های گیاهی، ترشح سیدروفور، تثبیت زیستی نیتروژن و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیر زیستی سبب بهبود رشد گیاه گردیدند.



شکل ۸- اثر اصلی مقدار فسفر بر مقدار فسفر جذب شده در دانه



شکل ۷- اثر اصلی مقدار فسفر بر درصد فسفر دانه

شده با کودهای زیستی دلیل افزایش جذب نیتروژن و فسفر در گیاهان مذکور می‌باشد. رحیمی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که کاربرد ازتوباکتر منجر به افزایش غلظت و مقدار فسفر در اندام‌های هوایی گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف مناسب فسفر (۵۰ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش معنی‌دار رشد و عملکرد دانه و غلاف‌تر لوبیا گردید، درحالی‌که مصرف بیش از حد فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) سبب کاهش رشد و عملکرد دانه و غلاف‌تر شد. در عین حال مصرف کود زیستی نیتراژین و تلقیح با باکتری ریزوبیوم منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (به ترتیب به میزان ۷ و ۱۰ درصد) و غلاف‌تر (به ترتیب به میزان ۱۷ و ۲۰ درصد) گردید. بر اساس نتایج این تحقیق، حداکثر عملکرد دانه (۱۴۰۳/۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد غلاف‌تر (۸۵۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار) در لوبیا (توده محلی گیلان) به ترتیب با مصرف ۶۵/۴ و ۵۹/۳ کیلوگرم فسفر در هکتار به همراه کود زیستی نیتراژین و تلقیح با باکتری ریزوبیوم بدست آمد.

نتایج نشان داد که میزان فسفر جذب شده در دانه تحت تأثیر معنی‌دار فسفر، نیتراژین و ریزوبیوم در گیاه قرار گرفت (جدول ۴). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، میزان فسفر جذب شده در دانه به‌صورت خطی افزایش یافت، اما مصرف مقادیر بیشتر فسفر (۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش معنی‌دار مقدار فسفر جذب شده در دانه نگردید (شکل ۸). معادله رگرسیونی نشان داد که حداکثر میزان فسفر جذب شده در دانه (۷/۱۲ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۸۳ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد. استفاده از کود زیستی نیتراژین و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه منجر به افزایش میزان فسفر جذب شده در دانه به ترتیب به میزان هشت و ۱۸ درصد گردید (جدول ۵). میزان فسفر جذب شده در دانه در اثر افزایش مقدار کود فسفره هم ناشی از افزایش غلظت فسفر در دانه و هم ناشی از افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد کود مذکور می‌باشد، درحالی‌که افزایش معنی‌دار میزان فسفر جذب شده در دانه در تیمارهای کاربرد نیتراژین و باکتری ریزوبیوم بیشتر ناشی از افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کاربرد نیتراژین و باکتری ریزوبیوم می‌باشد، زیرا این دو عامل تأثیر معنی‌داری بر افزایش غلظت فسفر دانه نداشتند. احتمالاً توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش تعداد ریشه‌های جانبی و تارهای کشنده در گیاهان تلقیح

منابع

- آقاعلیپور، ا.، ف. فرحوش، ب. میرشکاری و ع. عیوضی. ۱۳۹۱. اثر کود اوره، یاشیل و نیتراژین بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۲۳ شماره ۳: ۲۴۸-۲۳۵.
- رحیمی ل، ن.ع اصغرزاد و ش. اوستان. ۱۳۹۰. اثر سویه‌های بومی ازتوباکتر کروکوکوم بر رشد، جذب نیتروژن و فسفر گیاه گندم در شرایط گلخانه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۵ شماره ۵۸: ۱۷۱-۱۵۹.
- رضاپور کوشاهی، ط.، م. ح. انصاری و م. مصطفوی‌راد. ۱۳۹۴. اثر برخی سویه‌های باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات زراعی مهم لوبیای محلی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیلان در مقادیر مختلف کود فسفره. مجله به‌زراعی کشاورزی جلد ۱۷ شماره ۳، ص ۸۰۱-۸۱۴.
- Al-Niemi, T.S., M.L. Kahn, and T.R. McDermott. 1997. P metabolism in the bean-Rhizobium tropici symbiosis. *Plant Physiol.* 113:1233-1242
- Bhattacharyya, P.N. and D.K. Jha. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 28:1327-1350
- Crowley, D.E., 2006. Microbial siderophores in the plant rhizosphere. In: Barton, L.L., Abadi'a, J. (Eds.), *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Organisms*. Springer, The Netherlands, pp. 169-198.
- Dey, R., K.K. Pal, D.M. Bhatt and S.M. Chauhan. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiol. Res.* 159: 371-394
- Divito, G.A. and V.O. Sadras. 2014. How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. *Field Crops Res.* 156: 161-171

- Fibach-Paldi, S., S. Burdman and Y. Okon. 2012. Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. FEMS Microbiol. Letter. 326: 99–108
- Ghasempour nikfarjam, S. and H. Aminpanah. 2015. Effects of phosphorus fertilization and *Pseudomonas fluorescens* strain on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). IDESIA. 33 (4): 15-21
- Lowry, O. and A. Lopez. 1946. Determination of inorganic phosphate in the presents of labile phosphate esters. J. Biol. Chem. 162: 421-426.
- Maksimov, I., R. Abizgil'dina and L. Pusenkova. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens (review). Appl. Biochem. Microbiol. 47: (4) 333-345
- McBeath, T. M., R.J. Smernik, E.Y. Lombi and M.J. McLaughlin. 2006. Hydrolysis of pyrophosphate in a highly calcareous soil: A solid-state phosphorus-31 NMR study. Soil Sci. Soci. Am. J. 70: 856–862
- Moshtagh, S. and H. Aminpanah. 2015. Effects of phosphorus rate and iron foliar application on green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield. Agric. Cons. Sci., 80 (3): 139–146
- Pacyna, S., M. Schulz and H.W. Scherer. 2006. Influence of sulphur supply on glucose and ATP concentrations of inoculated broad beans (*Vicia faba minor* L.). Biol. Fertil. Soils. 42: 324–329
- Panahi, A., Aminpanah, H. and Sharifi, P. 2015. Effect of Nitrogen, Bio-Fertilizer, and Silicon Application on Yield and Yield Components of Rice (*Oryza sativa* L.). Philipp. J. Crop Sci. 40(1): 76-81.
- Rao, D.L.N. 2001. BNF research progress 1996-2000: all India coordinated research project on biological nitrogen fixation. IISS, Bhopal.
- Rodelas, B., J. Gonzalez-lopez, V. Salmeron and M.V. Martinez-toledo. 1999. Response of Faba bean (*Vicia faba* L.) to combined inoculation with *Azotobacter* and *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viceae*. Appl. Soil Ecol. 12(1): 51–59
- Ronnera, E., A.C. Frankea, B. Vanlauwe, M. Dianda, E. Edeh, B. Ukem, A. Bala, J. van Heerwaarden and K.E. Gillera. 2016. Understanding variability in soybean yield and response to P-fertilizer and rhizobium inoculants on farmers' fields in northern Nigeria. Field Crops Res. 186: 133–145
- Rotaru, V. and T.R. Sinclair. 2009. Interactive influence of phosphorus and iron on nitrogenfixation by soybean. Environ. Exp. Bot. 66: 94–99.
- Saharan, B. and V. Nehra. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. Life Sci. Med. Res. 21: 1-30.
- Salehi, B. and Aminpanah, H. 2015. Effects of phosphorus fertilizer rate and *Pseudomonas fluorescens* strain on field pea (*Pisum sativum* subsp. arvense (L.) Asch.) growth and yield. Acta agric. Slov. 105(2): 213 - 224
- Saravanakumara, D., C. Vijayakumarc, N. Kumarb and R. Samiyappan. 2007. PGPR-induced defense responses in the tea plant against blister blight disease. Crop Prot. 26: 556-565
- Shaharoon, B., Naveed, M., Arshad, M. and Zahir, Z.A. 2008. Fertilizer-dependent efficiency of *Pseudomonads* for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). Appl. Microbiol. Biotechnol. 79:147–55
- Suliman, S., C.V. Ha, J. Schulze and L.S.P. Tran. 2013. Growth and nodulation of symbiotic *Medicago truncatula* at different levels of phosphorus availability. J. Exp. Bot. 64: 2701–2712
- Talebipour, N., H. Aminpanah and M. Rabiee. 2015. Effects of *Rhizobium phaseoli* strains and molybdenum foliar application on growth and yield in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Soil Nat. 8(1): 1–8
- Thuita, M., P. Pypers, L. Herrmann, R.J. Okalebo, C. Othieno, E. Muema and D. Lesueur. 2012. Commercial rhizobial inoculants significantly enhance growth and nitrogen fixation of a promiscuous soybean variety in Kenyan soils. Biol. Fertil. Soils. 48: 87–96
- Vanlauwe, B., A. Bationo, J. Chianu, K.E. Giller, R. Merckx, U. Mokwunye, O. Ohiokpehai, P. Pypers, R. Tabo, K.D. Shepherd, E.M.A. Smaling, P.L. Woomer and N. Sanginga. 2010. Integrated soil fertility management: operational definition and consequences for implementation and dissemination. Outlook Agric. 39: 17–24
- Varin, S., J.B. Cliquet, E. Personeni, J.C. Avice and S. Lemauviel-Lavenant. 2010. How does sulphur availability modify N acquisition of white clover (*Trifolium repens* L.)? J. Exp. Bot. 61: 225–234

Effect of phosphorus rate, *Rhizobium phaseoli* inoculation and Nitragin biofertilizer on growth and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

M. Ghanbarzadeh¹, H. Aminpanah², H. Akhgari³

Received: 2016-10-26 Accepted: 2017-2-6

Abstract

A field experiment was conducted in Amlash, Guilan province to evaluate the effect of phosphorus rate (P), *Rhizobium phaseoli* inoculation and nitragin biofertilizer on growth and yield of common bean (Guilan landrace). The experiment was designed in a factorial arrangement based on a Randomized Complete Block Design with three replicates. The factors were P rate, *Rhizobium phaseoli* application, and application of nitragin biofertilizer. Result showed that grain and fresh pod yields were significantly increased by 28% and 21%, respectively, as P application rate increased from 0 to 50 kg ha⁻¹. No significant increase in grain and fresh pod yields were observed as P application rate increased from 50 to 75 kg ha⁻¹, but further increase in P rate (75 kg ha⁻¹) reduced grain and fresh pod yields significantly. Regression analysis showed that the highest grain (1403.9 kg ha⁻¹) and pod (8510.7 kg ha⁻¹) yields were obtained when phosphorus was applied at the rate of 65.4 and 59.3 kg ha⁻¹, respectively. Grain and fresh pod yields were significantly increased by 7 and 10% with nitragin biofertilizer application, respectively. Moreover, grain and fresh pod yields increased by 17% and 20% after *Rhizobium* inoculation.

Keywords: *Azotobacter*, biological nitrogen fixation, legume, macro element, plant growth-promoting rhizobacteria

1- Graduated Student of Agronomy, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

2- Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

3- Instructor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran